

AN: PAT 2001-343614

TI: Monitoring conversion capacity of exhaust gas catalyst of internal combustion engine involves diagnosis during stationary operation using lambda regulator and nitrogen oxide determination

PN: WO200134960-A2

PD: 17.05.2001

AB: NOVELTY - Monitoring the conversion capacity of an exhaust gas catalyst (I) in an internal combustion engine exhaust pipe using a lambda regulator, during diagnosis in stationary operation at the engine operating temperature, comprises increasing the oxygen supply to the catalyst to a given value, measuring the nitrogen oxide (NOx) concentration downstream from the catalyst and determining a stationary value. If this exceeds the threshold value, it indicates an aged catalyst. DETAILED DESCRIPTION - Process for monitoring the conversion capacity of an exhaust gas catalyst in the exhaust pipe of an internal combustion engine uses a lambda regulator, which has a broad band lambda probe upstream from the catalyst and regulates the air/fuel ratio to a given value. During a diagnosis time, (nperiods.tperiods), in stationary operation at the engine operating temperature, the oxygen supply to the catalyst is increased to a given value by a regulating knob on the lambda regulator, the nitrogen oxide (NOx) concentration (cNOx) is determined with a NOx sensor in the exhaust pipe downstream from the catalyst and a stationary diagnosis value (DStat) is determined from the NOx concentration during lambda regulator cycle(s) and compared with the given threshold value (SStat1). If the threshold value is exceeded, this indicates an aged catalyst.; USE - The process is used for monitoring the conversion capacity of an engine exhaust gas catalyst (claimed). ADVANTAGE - The method does not require costly temperature sensors or a second lambda probe and gives reliable results during stationary operation of the sensor. Diagnosis is highly accurate, even for maintaining stringent exhaust gas limits. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a block diagram of an engine with exhaust gas treatment plant. (Drawing includes non-English language text). Engine 10 Exhaust pipe 16 Catalyst 17 Lambda probe 18 NOx sensor 19 Lambda regulator 20 Engine regulator 21 Computer 22 Fault computer 23 Fault display, preferably malfunction indication lamp 24

PA: (BEER/) BEER J; (SIEI ) SIEMENS AG; (ZHAN/) ZHANG H;

IN: BEER J; ZHANG H;

FA: WO200134960-A2 17.05.2001; DE50003313-G 18.09.2003;  
**DE19953601**-A1 23.05.2001; **DE19953601**-C2 11.07.2002;  
EP1228301-A2 07.08.2002; US2003010016-A1 16.01.2003;  
US6539705-B2 01.04.2003; EP1228301-B1 13.08.2003;

CO: AT; BE; BR; CH; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT;  
KR; LI; LU; MC; MX; NL; PT; SE; TR; US; WO;

DN: BR; KR; MX; US;

DR: AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LU; MC;  
NL; PT; SE; TR; LI;

IC: F01N-003/00; F01N-009/00; F01N-011/00; F02D-035/00;

MC: E11-Q02; E11-Q03J; E31-H01; H06-C03B; J04-E; N06;

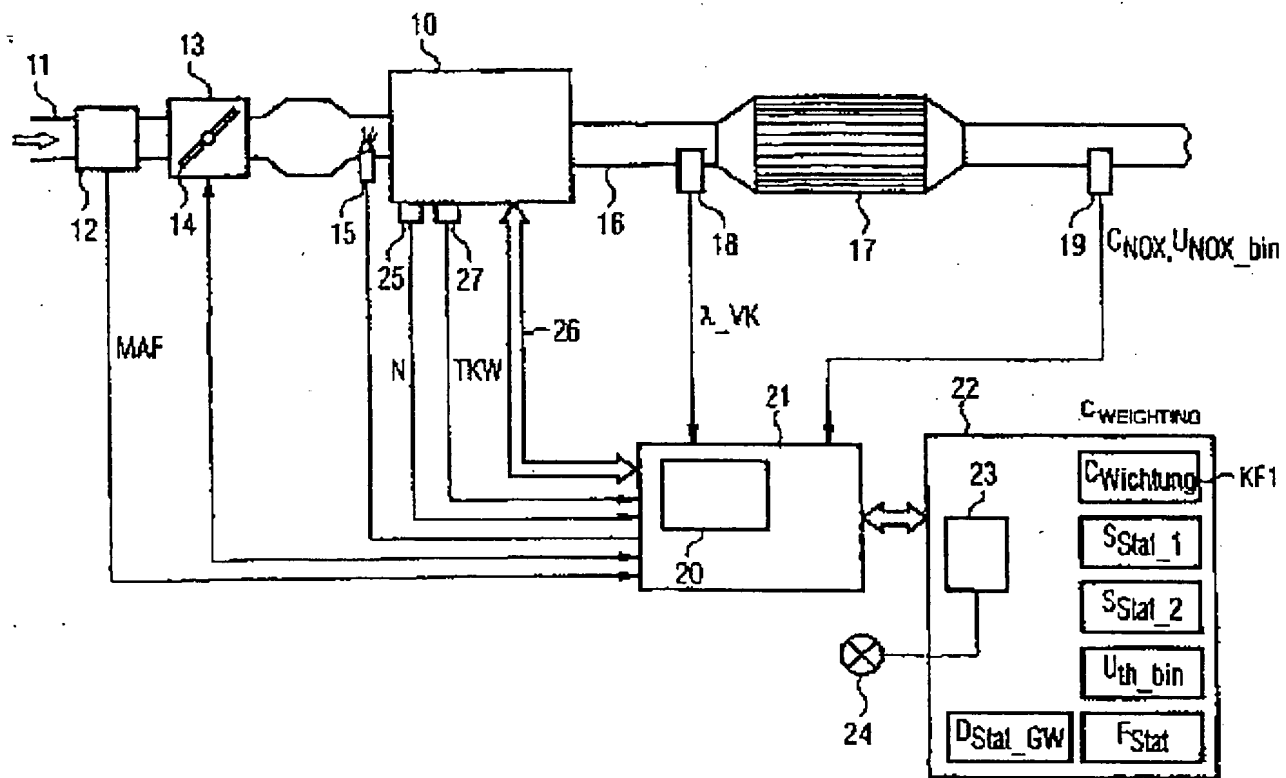
DC: E36; H06; J04; Q51; Q52;

FN: 2001343614.gif

PR: DE1053601 08.11.1999;

FP: 17.05.2001

UP: 26.09.2003





19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 199 53 601 C 2

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 01 N 9/00

21 Aktenzeichen: 199 53 601.5-13  
22 Anmeldetag: 8. 11. 1999  
43 Offenlegungstag: 23. 5. 2001  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 11. 7. 2002

DE 199 53 601 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

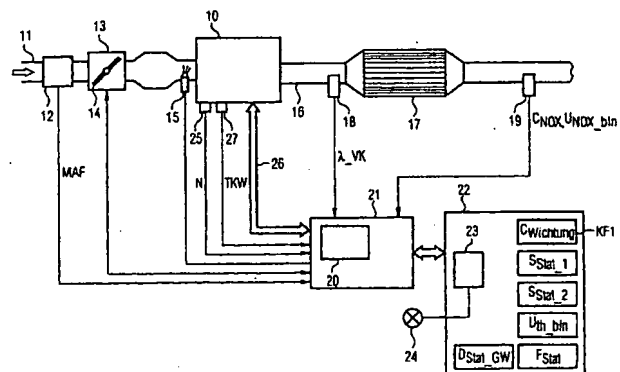
72 Erfinder:  
Zhang, Hong, Dr., 93105 Tegernheim, DE; Beer,  
Johannes, 93047 Regensburg, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 195 43 219 C1  
DE 198 19 461 A1  
DE 198 01 815 A1  
DE 196 06 652 A1  
DE 23 28 459 A1

54 Verfahren zum Überprüfen eines Abgaskatalysators einer Brennkraftmaschine

57 Verfahren zum Überprüfen der Konvertierungsfähigkeit eines in einem Abgaskanal (16) einer Brennkraftmaschine (10) angeordneten Abgaskatalysators (17) mit einer Lambdaeinstelleinrichtung (20), welche eine stromaufwärts des Abgaskatalysators (17) angeordnete Breitband-Lambda-Sonde (18) aufweist und das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf einen vorgebbaren Sollwert regelt, im stationären Betrieb bei betriebswarmer Brennkraftmaschine (10) durch einen Regeleingriff der Lambdaeinstelleinrichtung (20) die Sauerstoffbelastung des Abgaskatalysators (19) während einer Diagnosezeit ( $n_{\text{periode}} \cdot t_{\text{periode}}$ ) bis zu einem vorgegebenen Wert ( $D_{\text{stat\_GW}}$ ) erhöht wird, dadurch gekennzeichnet, daß während der Diagnosezeit ( $n_{\text{periode}} \cdot t_{\text{periode}}$ ) die NOx-Konzentration im Abgaskanal (16) stromabwärts des Dreiwege-Abgaskatalysators (17) mittels eines NOx-Sensors (19) erfasst wird, aus den Werten der NOx-Konzentration ( $c_{\text{NOx}}$ ) während mindestens einer Lambdaeinstellerschwungung ein stationärer Diagnosewert ( $D_{\text{stat}}$ ) ermittelt wird, der Diagnosewert ( $D_{\text{stat}}$ ) mit einem vorgegebenen Schwellenwert ( $S_{\text{stat\_1}}$ ) verglichen wird und bei Überschreiten des Schwellenwertes ( $S_{\text{stat\_1}}$ ) auf einen gealterten Abgaskatalysator (17) geschlossen wird.



DE 199 53 601 C 2

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überprüfen eines Abgaskatalysators einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

- 5 [0002] Zur Überwachung von Abgaskatalysatoren für Brennkraftmaschinen sind Verfahren bekannt, welche die Sauerstoffspeicherfähigkeit (Oxygen Storage Capacity, OSC-Verfahren) des Katalysators ausnutzen. Diese Speicherfähigkeit korreliert mit der Kohlenwasserstoff (HC)-Konvertierung im Katalysator. Wenn der Katalysator gute Konvertierungsfähigkeiten besitzt, werden die Lambdасchwankungen vor dem Katalysator, welche durch den Lambdaregler erzeugt und von einer ersten Lambdasonde erfasst werden, durch die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators geglättet. Hat der Katalysator infolge Alterung, Vergiftung durch verbleiten Kraftstoff oder durch Verbrennungsaussetzer keine  
10 oder nur verminderte Konvertierungseigenschaften, so schlägt die stromauf des Katalysators vorhandene Regelschwingung auf die Lambdasonde stromab des Katalysators durch. Durch Vergleich der Signalamplituden der beiden Lambdasonden kann auf einen funktionsfähigen oder defekten Katalysator geschlossen werden (z. B. DE 23 28 459 A1).

- [0003] Bei Fahrzeugen, die nach den strengen ULEV (Ultra Low Emission Vehicle) oder SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle)-Grenzwerten zertifiziert sind, führen schon Verschlechterungen der Konvertierungsrate von wenigen Prozent zu einer Überschreitung der Diagnosegrenzwerte. Bei diesen Konvertierungsraten werden jedoch relativ niedrige Amplitudenverhältnisse ermittelt. Damit ist eine sichere Unterscheidung zwischen einem defekten und einem funktionsfähigen Katalysator, insbesondere unter Berücksichtigung der Serienstreuung und der nicht linearen Korrelation zwischen Sauerstoffspeicherfähigkeit und HC-Konvertierung nicht mehr gegeben. Zudem wird in Zukunft auch eine Katalysatorüberwachung hinsichtlich des Ausstoßes von Stickoxiden (NOx) gefordert.

- [0004] Aus der DE 196 06 652 A1 ist ein Verfahren zur Einstellung des Kraftstoff-Luftverhältnisses für eine Brennkraftmaschine mit nachgeschaltetem, zur Sauerstoffspeicherung fähigen Katalysator bekannt. Bei diesem bekannten Verfahren werden die Sauerstoffanteile im Abgas der Brennkraftmaschine stromaufwärts und stromabwärts des Katalysators erfaßt und zur Einstellung des Kraftstoff-Luftverhältnisses herangezogen. Aus den genannten Sauerstoffanteilen wird ein  
25 Maß für den momentanen Sauerstoff-Füllungsgrad des Katalysators über ein Modell bestimmt und aus den Modellparametern werden Aussagen über den Alterungszustand des Katalysators abgeleitet. Das Kraftstoff-Luftverhältnis wird so eingestellt, daß der Sauerstoff-Füllungsgrad des Katalysators auf einem konstanten mittleren Niveau gehalten wird. Das Katalysator-Speicherverhalten wird dabei durch Integration eines Maßes für den momentanen Sauerstoffeintrag in den Katalysator modelliert.

- [0005] Ein NOx-Sensor bietet die Möglichkeit, aus gemessener NOx-Konzentration Rückschlüsse sowohl auf die HC-Konvertierungseigenschaften, als auch auf die NOx-Konvertierungseigenschaften eines Katalysators zu ziehen. In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung DE 199 31 321.0 der Anmelderin ist ein Verfahren zum Überprüfen eines Dreiwege-Abgaskatalysators beschrieben, bei dem das Signal eines stromabwärts des Katalysators angeordneten NOx-Sensors während des Warmlaufs der Brennkraftmaschine ausgewertet wird. Hierzu wird ein Summenwert gebildet aus der gemessenen NOx-Konzentration ab Beginn des Starts der Brennkraftmaschine bis zu einem Zeitpunkt, bei dem die NOx-Konzentration einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet und der Summenwert mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen. Bei Überschreiten des Schwellenwertes wird auf einen gealterten Abgaskatalysator geschlossen. Dieses Verfahren beschreibt also eine Light-Off Diagnose des Katalysators.

- [0006] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein genaues Verfahren zum Überprüfen der Konvertierungsfähigkeit eines Abgaskatalysators anzugeben, das ohne teure Temperatursensoren und ohne eine zweite Lambdasonde auskommt und im stationären Betrieb der Brennkraftmaschine zuverlässige Ergebnisse liefert.

[0007] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

- [0008] Vorliegender Erfindung liegt die Idee zugrunde, zur Überprüfung eines Abgaskatalysators einen NOx-Sensor zur Bestimmung der NOx-Konzentration während des Stationärbetriebes der Brennkraftmaschine stromabwärts des zu diagnostizierenden Abgaskatalysators einzusetzen.

- [0009] Dabei wird mit Hilfe einer Lambdaregelungseinrichtung, welche eine stromaufwärts des Abgaskatalysators angeordnete Breitband-Lambdasonde aufweist und das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf einen vorgebbaren Sollwert regelt, im stationären Betrieb bei betriebswarmer Brennkraftmaschine durch einen Regeleingriff der Lambdaregelungseinrichtung die Sauerstoffbeladung des Abgaskatalysators während einer Diagnosezeit bis zu einem vorgegebenen Wert erhöht. Während der Diagnosezeit wird dann die NOx-Konzentration im Abgaskanal stromabwärts des Dreiwege-Abgaskatalysators mittels des NOx-Sensors erfasst und aus den Werten der NOx-Konzentration während mindestens einer Lambdareglerschwingung ein stationärer Diagnosewert ermittelt. Der Diagnosewert wird mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen und bei Überschreiten des Schwellenwertes auf einen gealterten Abgaskatalysator geschlossen.

- 55 [0010] Um die Genauigkeit der Diagnose zu erhöhen, ist es vorteilhaft, nicht nur eine Reglerschwingung, sondern mehrere auszuwerten und dann den Mittelwert zu bilden.

[0011] Dabei können beide Halbwellen der Lambdareglerschwingung, oder nur die positive Halbwelle ("magere Halbwelle") während der das Signal der Lambdasonde ein mageres Luft-/Kraftstoffgemisch anzeigt, ausgewertet werden.

- [0012] Das Verfahren hat insbesondere den Vorteil, daß es auch die Diagnose von Katalysatoren mit hoher Genauigkeit erlaubt, selbst wenn strenge Abgasgrenzwerte einzuhalten sind.

[0013] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

[0014] Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Brennkraftmaschine mit zugehöriger Abgasnachbehandlungsanlage,

- [0015] Fig. 2 Diagramme für den zeitlichen Verlauf des Ausgangssignals der Lambdasonde stromaufwärts des Katalysators und des NOx-Sensors stromabwärts des Katalysators bei Auswertung beider Halbwellen der Lambdareglerschwingung und  
65

[0016] Fig. 3 Diagramme für den zeitlichen Verlauf des Ausgangssignals der Lambdasonde stromaufwärts des Katalysators und des NOx-Sensors stromabwärts des Katalysators bei Auswertung nur einer Halbwelle der Lambdaregler-

schwingung.

[0017] In Fig. 1 ist in Form eines Blockschaltbildes sehr vereinfacht eine Brennkraftmaschine mit einer ihr zugeordneten Abgasnachbehandlungsanlage gezeigt, bei der das erfindungsgemäße Verfahren angewendet wird. Dabei sind nur diejenigen Komponenten dargestellt, die für das Verständnis der Erfindung notwendig sind. Insbesondere ist auf die Darstellung des Kraftstoffkreislaufes verzichtet worden.

[0018] Der Brennkraftmaschine 10 wird über einen Ansaugkanal 11 die zur Verbrennung notwendige Luft zugeführt. Im Ansaugkanal 11 sind in Strömungsrichtung der angesaugten Luft geschnitten nacheinander ein Lastsensor in Form eines Luftmassenmessers 12, ein Drosselklappenblock 13 mit einer Drosselklappe 14 und entsprechend der Zylinderzahl ein Satz Einspritzventile 15 vorgesehen, von denen nur eines gezeigt ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ist aber auch bei einem System anwendbar, das nur ein Einspritzventil für alle Zylinder aufweist (Zentraleinspritzsystem, Single Point Injection System) oder bei dem Kraftstoff direkt in die jeweiligen Zylinder eingespritzt wird (Direkteinspritzung, Hochdruckeinspritzung).

[0019] Ausgangsseitig ist die Brennkraftmaschine 10 mit einem Abgaskanal 16 verbunden, in dem ein Abgaskatalysator 17 angeordnet ist. Dabei kann es sich um eine beliebige Art von Abgaskatalysator handeln, der eine Sauerstoffspeicherkapazität aufweist, insbesondere kann ein Dreizeige-Katalysator oder ein NOx-Speicherkatalysator vorgesehen sein. Im letzteren Falle soll dann ein dem NOx-Speicherkatalysator vorgeschalteter Katalysator keine Sauerstoffspeicherkapazität aufweisen.

[0020] Die Sensorik für die Abgasnachbehandlung beinhaltet u. a. einen stromaufwärts des Abgaskatalysators 17 angeordneten Sauerstoffmeßaufnehmer in Form einer Lambdasonde 18 und einen stromabwärts des Abgaskatalysators angeordneten NOx-Sensor 19. Dieser NOx-Sensor 19 bekannter Art liefert ein Ausgangssignal  $c_{NOx}$ , das mit der NOx-Konzentration im Abgas korreliert und ein binäres Ausgangssignal  $U_{NOx\_bin}$  das anzeigt, ob ein gegenüber dem stöchiometrischen Luft-/Kraftstoffverhältnis mageres oder fettes Gemisch vorliegt. Als Sauerstoffmeßaufnehmer 18 wird eine sogenannte Breitband-Lambdasonde (lineare Lambdasonde) eingesetzt, welche in Abhängigkeit des Sauerstoffgehaltes im Abgas im Bereich um  $\lambda = 1$  ein stetiges, z. B. lineares Ausgangssignal abgibt. Mit dem Signal dieser Lambdasonde 18 wird das Gemisch entsprechend der Sollwertvorgaben geregelt. Diese Funktion übernimmt eine an sich bekannte Lambdaregelungseinrichtung 20, die vorzugsweise in eine den Betrieb der Brennkraftmaschine steuernde bzw. regelnde Steuerungseinrichtung 21 integriert ist. Solche elektronischen Steuerungseinrichtungen 21, die in der Regel einen oder mehrere Mikroprozessoren beinhalten und die neben der Kraftstoffeinspritzung und der Zündungsregelung noch eine Vielzahl weiterer Steuer- und Regelaufgaben, u. a. auch die Überprüfung des Abgasnachbehandlungssystems übernehmen, sind an sich bekannt, so daß im folgenden nur auf den im Zusammenhang mit der Erfindung relevanten Aufbau und dessen Funktionsweise eingegangen wird. Insbesondere ist die Steuerungseinrichtung 21 mit einer Speichereinrichtung 22 verbunden, in der u. a. verschiedene Kennfelder und Schwellenwerte gespeichert sind, deren jeweilige Bedeutung anhand der Beschreibung der nachfolgenden Figuren noch näher erläutert wird.

[0021] Die Speichereinrichtung 22 umfasst ferner einen Fehlerspeicher 23, dem eine Fehleranzeigevorrichtung 24 zugeordnet ist. Diese Fehleranzeigevorrichtung 24 ist vorzugsweise als Fehlerlampe (MIL, malfunction indication lamp) realisiert, die am Armaturenbrett des Fahrzeuges angeordnet ist und dessen Aufleuchten eine Fehlfunktion einer abgasrelevanten Komponente anzeigt.

[0022] Die Drehzahl N der Brennkraftmaschine 10 wird mit Hilfe eines Drehzahlsensors 25, die Temperatur der Brennkraftmaschine 10 wird über die Temperatur des Kühlmittels TKW mittels eines Temperatursensors 27 erfasst. Diese Signale werden ebenso der Steuerungseinrichtung 21 zur weiteren Verarbeitung zugeführt, wie das Ausgangssignal MAF des Luftmassenmessers, das Signal  $\lambda_{VK}$  der Lambdasonde 18 und die Ausgangssignale  $c_{NOx}$  und  $U_{NOx\_bin}$  des NOx-Sensors 19. Die letztgenannten Signale werden bevorzugt über eine Busleitung (z. B. CAN) übertragen.

[0023] Zur Steuerung und Regelung der Brennkraftmaschine 10 ist die Steuerungseinrichtung 21 über eine Daten- und Steuerleitung 26 noch mit weiteren, nicht explizit dargestellten Sensoren und Aktoren verbunden.

[0024] Ist die Lambdaregelung bei betriebswarmer Brennkraftmaschine aktiv ( $0,997 \leq \lambda \leq 0,999$ ), so wird in quasistationären Betriebszuständen eine Diagnose durchgeführt. Auf einen quasistationären Zustand wird z. B. geschlossen, wenn die Kühlmitteltemperatur TKW einen vorgegebenen Schwellenwert erreicht hat und ein bestimmter Luftmassenstrom MAF innerhalb vorgegebener Grenzen liegt. Hierzu werden das Signal des Temperatursensors 27 und das des Luftmassenmessers 12 ausgewertet.

[0025] Mit Hilfe der linearen Lambdaregelung wird für eine bestimmte Diagnosezeit, die ein Vielfaches einer Lambdareglerschwingung beträgt, eine Lambdavaration um  $\lambda = 1$  derart durchgeführt, daß sich die Sauerstoffbeladung des Abgaskatalysators 17 auf einen vorbestimmten Wert erhöht. Dieser Wert ergibt sich als diejenige Sauerstoffbeladung, bei der sich für einen neuen Katalysator oder definitionsgemäß einen OBD (On Board Diagnose)-Grenzkatalysator, der als noch funktionsfähig eingestuft wird, noch kein Anstieg der NOx-Konzentration stromabwärts des Abgaskatalysators bemerkbar macht. Der experimentell durch Versuche ermittelte Wert  $D_{Stat\_GW}$  ist in der Speichereinrichtung 22 abgelegt. Ein gealterter Abgaskatalysator zeigt bei gleicher Sauerstoffbeladung aufgrund von vermindertem Sauerstoffspeichervermögen ein deutlich erhöhtes NOx-Sensorsignal.

[0026] Zum Zwecke der Diagnose wird also die Beladung des Abgaskatalysators mit Sauerstoff durch einen Eingriff in die Lambdaregelung mittels der linearen Lambdasonde 18 (Regelsonde) erhöht, beispielsweise auf einen Wert von  $\lambda = 0,998$  geregelt. Dadurch wird das Katalysatorfenster, also der Bereich mit größtmöglicher Umwandlungsrate der Schadstoffe nicht verlassen. Es wird lediglich eine größere Sauerstoffbeladung gewählt als für den normalen Betrieb, um eine bessere Unterscheidung bei der Diagnose zwischen einem noch funktionsfähigen und einem nicht mehr tolerierbaren, da gealterten Abgaskatalysator zu treffen. Im Gegensatz zur Lambdaregelung mit einer binären Lambdasonde, bei der die maximale Frequenz über die Totzeit des Systems vorgegeben ist und die Amplitude der Schwingung über die P-Sprünge Verzögerungszeit sowie über den I-Anteil des Reglers einstellbar ist, hat man bei der Verwendung der linearen Lambdaregelung den Vorteil, die Sauerstoffbeladung des Katalysators frei einzustellen. Da die Diagnose bei einem bestimmten Luftmassenstrom und bei einer bestimmten Einstellung der Lambdareglerparameter, d. h. der Amplitude und der Frequenz der Reglerschwingung erfolgt, erhält man eine Sauerstoffbeladung, die reproduzierbar ist. Dies ist Voraussetzung

für ein genaues Diagnoseergebnis.

[0027] Anhand der Fig. 2 wird ein erstes Ausführungsbeispiel des Diagnoseverfahrens erläutert. Die Fig. 2a) zeigt während einer Periodendauer  $t_{\text{periode}}$  der Lambdareglerschwingung den zeitlichen Verlauf des Signales  $\lambda_{\text{VK}}$ , wie es von der Lambdasonde 18 stromaufwärts des Katalysators 17 geliefert wird. Der Sollwert für die Luftzahl  $\lambda$  ist dabei auf den bereits oben genannten Wert von 0,998 eingestellt. Die oberhalb dieses Wertes liegende Halbwelle der Schwingung ist als "magere Halbwelle", die unterhalb des Wertes liegende Halbwelle als "fette Halbwelle" bezeichnet. Während der mageren Halbwelle herrscht Sauerstoffüberschuß, während der fetten Halbwelle herrscht Sauerstoffmangel vor. Die Zeitdauer für eine vollständige Schwingung, bestehend aus der mageren und der fetten Halbwelle ist mit  $t_{\text{periode}}$  bezeichnet.

[0028] Die Fig. 2b) zeigt als Kurve KA den zeitlichen Verlauf des Ausgangssignals  $C_{\text{NOx}}$  des NOx-Sensors 19, der sich als Folge des gewählten Lambdawertes einstellt für einen gealterten Katalysator, die Kurve KN den zeitlichen Verlauf für einen neuen Katalysator mit uneingeschränkter Konvertierungseigenschaft. Bei dieser Darstellung ist anzumerken, daß der Betrag des um einen Offset bereinigte Signal  $C_{\text{NOx}}$  des NOx-Sensors 19 aufgetragen ist. Die schraffierte Fläche, die von der Kurve KA und der Abszisse begrenzt wird, ist mit AM bezeichnet und kennzeichnet den Integralwert während der mageren Halbwelle eines gealterten Abgaskatalysators, während die Fläche zwischen der Kurve KN und der Abszisse den Integralwert während der mageren Halbwelle eines neuen Abgaskatalysators bezeichnet. Diese Fläche ist deutlich kleiner. Die schraffierte Fläche AF, die von der Kurve KA und der Abszisse begrenzt wird, kennzeichnet den Integralwert während der fetten Halbwelle eines gealterten Abgaskatalysators. Auch hier ist für einen neuen Abgaskatalysator die Fläche, die in der fetten Halbwelle von der Kurve KN und der Abszisse begrenzt wird deutlich kleiner. Ab Start der Diagnose zum Zeitpunkt  $t_{\text{Start}}$  wird während der Variation der Sauerstoffbeladung das Sensorsignal  $C_{\text{NOx}}$  während beider Halbwellen ausgewertet.

[0029] Im folgenden ist angegeben, wie bei diesem Ausführungsbeispiel ein stationärer Diagnosewert  $D_{\text{Stat}}$  berechnet wird.

$$D_{\text{Stat}} = \frac{1}{n_{\text{Perioden}}} \int_{t_{\text{Start}}}^{t_{\text{Start}} + n_{\text{Perioden}} \cdot t_{\text{periode}}} c_{\text{NOx}}(t) \cdot c_{\text{Wichtung}}(\text{MAF}, N) \cdot dt$$

mit

$n_{\text{Perioden}}$  Anzahl komplette Perioden Lambdaregler

$t_{\text{periode}}$  Periodendauer vollständige Lambdareglerschwingung

$t_{\text{Start}}$  Start Diagnose

$c_{\text{NOx}}$  NOx-Konzentration (Offset bereinigt)

$c_{\text{Wichtung}}$  Wichtungsfaktor

[0030] Die mittels des NOx-Sensors 19 gemessene NOx-Konzentration  $c_{\text{NOx}}(t)$  wird zur Berechnung des Diagnosewertes  $D_{\text{Stat}}$  mittels eines Wichtungsfaktors  $c_{\text{Wichtung}}$  abhängig vom Luftmassenstrom MAF und der Drehzahl N gewichtet. Der Wichtungsfaktor  $c_{\text{Wichtung}}$  ist in einem Kennfeld KF1 der Speichereinrichtung 22 abgelegt.

[0031] Der Integrationswert  $D_{\text{Stat}}$  für einen gealterten Abgaskatalysator, ist aufgrund der verminderten Konvertierungsfähigkeit größer als für einen neuwertigen Katalysator. Der Diagnosewert  $D_{\text{Stat}}$  wird mit einem Schwellenwert  $S_{\text{Stat}_1}$  verglichen. Das Überschreiten des Schwellenwertes  $S_{\text{Stat}_1}$  S1, der für einen OBD-Grenzkatalysator experimentell auf dem Prüfstand durch Abgastests ermittelt wird und in der Speichereinrichtung 22 abgelegt ist, führt zur Aktivierung der Fehleranzeigevorrichtung 24. Parallel hierzu kann das Überschreiten des Schwellenwertes in einen Fehlerspeicher 23 eingetragen werden, dessen Inhalt beim nächsten Werkstattaufenthalt des Fahrzeuges ausgelesen wird und eine entsprechende Reparatur oder ein Austausch des Katalysators vorgenommen werden kann.

[0032] Es ist bekannt, daß der NOx-Sensor eine Querempfindlichkeit bei einem fettem Luft-/Kraftstoffgemisch aufweist. Somit mißt der NOx-Sensor 19 bei einem fettem Luft-/Kraftstoffgemisch nicht nur die Abgaskomponente NOx, sondern auch die Abgaskomponente HC. Da aber auch in dem NOx-Sensorsignal in der "fetten Halbwelle" Informationen über die Konvertierungseigenschaften des Abgaskatalysators enthalten sind (je mehr HC-Anteil stromabwärts des Katalysators vorhanden ist, desto geringer ist auch der Konvertierungsgrad des Abgaskatalysators), können beide Halbwellen ausgewertet werden, wie es oben beschrieben wurde.

[0033] Die bestmögliche Korrelation zwischen NOx-Sensorsignal stromabwärts des Abgaskatalysators und der NOx-Konzentration erhält man aber, wenn man das Sensorsignal während der mageren Halbwelle auswertet und das Sensorsignal während der fetten Halbwelle unterdrückt. Deshalb gehen bei dem Ausführungsbeispiel, wie es anhand der Fig. 3 beschrieben wird, in die Berechnung des Diagnosewertes lediglich die Werte ein, die bei der jeweiligen mageren Halbwellen ermittelt werden.

[0034] Die Fig. 3a) und 3b) mit ihren Bezugszeichen entsprechen dabei den Fig. 2a) und 2b) mit der Einschränkung, daß die fette Halbwelle nicht berücksichtigt wird. Bei der Zuordnung der mageren Halbwelle des Signales  $\lambda_{\text{VK}}$  zum jeweiligen NOx-Sensorsignal  $C_{\text{NOx}}$  muß die Gaslaufzeit  $t_{\text{Gas}}$  berücksichtigt werden. Dies geschieht mittels des Binärsignals  $U_{\text{NOx\_bin}}$  des NOx-Sensors 19. Dieses, in Fig. 3c) dargestellte Signal  $U_{\text{NOx\_bin}}$  verhält sich analog zu dem Signal einer binären Lambdasonde. Aus dem Verlauf des Binärsignals  $U_{\text{NOx\_bin}}$  erkennt man, ob das Luft-/Kraftstoffgemisch mager oder fett ist. Wird ein Wert für  $U_{\text{NOx\_bin}}$  kleiner als ein Schwellenwert  $U_{\text{th\_bin}}$  (typischerweise 600 mV) detektiert, so kann das gemessene NOx Sensorsignal  $C_{\text{NOx}}$  einer mageren Halbwelle der Zwangsanzugung zugeordnet werden und geht damit in die Bestimmung des Diagnosewertes ein. Andernfalls liegt ein fettes Luft-/Kraftstoffgemisch vor und das Signal  $C_{\text{NOx}}$  des NOx-Sensors wird nicht zur Diagnose des Abgaskatalysators herangezogen.

[0035] Die Berechnung des Diagnosewertes erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel nach folgende Gleichung:

$$D_{\text{Stat}} = \frac{1}{n_{\text{Perioden}}} \int_{t_{\text{Start}}}^{t_{\text{Start}} + n_{\text{Perioden}} \cdot t_{\text{periode}}} c_{\text{NOx}}(t) \cdot c_{\text{Wichtung}}(\text{MAF}, N) \cdot \theta[U_{\text{th\_bin}} - U_{\text{nox\_bin}}(t)] dt$$

wobei

$n_{\text{Perioden}}$  Anzahl komplette Perioden Lambdaregler

$t_{\text{periode}}$  Periodendauer vollständige Lambdareglerschwingung

$t_{\text{Start}}$  Diagnose

$c_{\text{NOx}}$  NOx Konzentration (Offset bereinigt)

$c_{\text{Wichtung}}$  Wichtungsfaktor

$U_{\text{th\_bin}}$  Magerschwelle Binärsignal des NOx-Sensors

$U_{\text{nox\_bin}}$  Binärsignal NOx-Sensor

$$\theta(x) = \begin{cases} 1 & \text{für } x \geq 0 \\ 0 & \text{für } x < 0 \end{cases} \quad (\text{Heaviside Funktion})$$

[0036] Durch die Heaviside Funktion wird das NOx-Sensor Signal nur für magere Halbwellen ausgewertet. Die gemessene NOx-Konzentration  $c_{\text{NOx}}(t)$  wird dabei abhängig vom Luftmassenstrom MAF und Drehzahl N mittels des Wichtungsfaktors  $c_{\text{Wichtung}}$  der abhängig von dem Luftmassenstrom MAF und der Drehzahl N in dem Kennfeld KF1 der Speichereinrichtung 22 abgelegt ist, gewichtet.

[0037] Der Integrationswert  $D_{\text{Stat}}$  für einen gealterten Abgaskatalysator, ist aufgrund der verminderten Konvertierungsfähigkeit größer als für einen neuwertigen Abgaskatalysator. Der Diagnosewert  $D_{\text{Stat}}$  wird mit einem Schwellenwert  $S_{\text{Stat}_2}$  verglichen. Das Überschreiten des Schwellenwertes  $S_{\text{Stat}_2}$ , der für einen OBD-Grenzkatalysator experimentell auf dem Prüfstand durch Abgastests ermittelt wird und in der Speichereinrichtung 22 abgelegt ist, führt zur Aktivierung der Fehleranzeigevorrichtung 24. Parallel hierzu kann das Überschreiten des Schwellenwertes in einen Fehlerspeicher 23 eingetragen werden, dessen Inhalt beim nächsten Werkstattaufenthalt des Fahrzeuges ausgelesen wird und eine entsprechende Reparatur oder ein Austausch des Katalysators vorgenommen werden kann.

[0038] Es ist auch möglich, ein beliebiges Verfahren zur Light-Off-Diagnose des Katalysators während es Warmlaufs der Brennkraftmaschine mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Diagnose bei betriebswarmer Brennkraftmaschine zu kombinieren. Im folgenden wird gezeigt, wie aus der Diagnose während des Light-Off und der Diagnose bei betriebswarmen Motor ein Gesamtdiagnosewert gebildet werden kann.

[0039] Wird mit  $D_{\text{Light-off}}$  der Diagnosewert eines bekannten Diagnoseverfahrens während des Warmlaufs der Brennkraftmaschine und mit  $S_{\text{Light-Off}}$  die Diagnoseschwelle eines solchen Verfahrens, wie es beispielsweise in der eingangs genannten DE 199 31 321.0 der Anmelderin beschrieben ist, bezeichnet, so kann unter Heranziehen des Diagnosewertes  $D_{\text{Stat}}$  und des Diagnoseschwellenwertes  $S_{\text{Stat}}$  im quasistationären Betrieb durch Summenbildung der jeweiligen Quotienten aus Diagnosewert und Schwellenwert ein Gesamtdiagnosewert  $D_{\text{Gesamt}}$  gebildet werden:

$$\frac{D_{\text{Light-Off}}}{S_{\text{Light-Off}}} \cdot F_{\text{Light-Off}} + \frac{D_{\text{Stat}}}{S_{\text{Stat}}} \cdot F_{\text{Stat}} = D_{\text{Gesamt}}$$

[0040]  $S_{\text{Stat}}$  ist dabei der Diagnoseschwellenwert,  $D_{\text{Stat}}$  der Diagnosewert für eines der beschriebenen Diagnoseverfahren bei betriebswarmer Brennkraftmaschine.

[0041] Überschreitet der Gesamtdiagnosewert  $D_{\text{Gesamt}}$  den Wert 1, so wird die Fehleranzeigevorrichtung 24 aktiviert. Über die Wichtungsfaktoren  $F_{\text{Light-Off}}$  und  $F_{\text{Stat}}$  können die einzelnen Betriebsphasen bei der Diagnose unterschiedlich gewichtet werden. Dies ist nötig, da während des Light-Off bis zu 70% der Gesamtemission eines Abgastests entstehen und zudem eine Diagnose während des Light-Off mit größeren Ungenauigkeiten behaftet ist, als bei betriebswarmer Brennkraftmaschine bei quasistationären Bedingungen. Für die Wichtungsfaktoren  $F_{\text{Light-Off}}$  und  $F_{\text{Stat}}$  gilt folgende Beziehung:

$$F_{\text{Stat}} + F_{\text{Light-Off}} = 1$$

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Überprüfen der Konvertierungsfähigkeit eines in einem Abgaskanal (16) einer Brennkraftmaschine (10) angeordneten Abgaskatalysators (17) mit einer Lambdaregelungseinrichtung (20), welche eine stromaufwärts des Abgaskatalysators (17) angeordnete Breitband-Lambdasonde (18) aufweist und das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf einen vorgebbaren Sollwert regelt,

im stationären Betrieb bei betriebswarmer Brennkraftmaschine (10) durch einen Regeleingriff der Lambdaregelungseinrichtung (20) die Sauerstoffbelastung des Abgaskatalysators (19) während einer Diagnosezeit ( $n_{\text{periode}} \cdot t_{\text{periode}}$ ) bis zu einem vorgegebenen Wert ( $D_{\text{stat\_GW}}$ ) erhöht wird,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

während der Diagnosezeit ( $n_{\text{periode}} \cdot t_{\text{periode}}$ ) die NOx-Konzentration im Abgaskanal (16) stromabwärts des Dreiwege-Abgaskatalysators (17) mittels eines NOx-Sensors (19) erfasst wird,

aus den Werten der NOx-Konzentration ( $c_{\text{NOx}}$ ) während mindestens einer Lambdareglerschwingung ein stationärer Diagnosewert ( $D_{\text{Stat}}$ ) ermittelt wird,

der Diagnosewert ( $D_{\text{Stat}}$ ) mit einem vorgegebenen Schwellenwert ( $S_{\text{Stat}_1}$ ) verglichen wird und

bei Überschreiten des Schwellenwertes ( $S_{\text{Stat}_1}$ ) auf einen gealterten Abgaskatalysator (17) geschlossen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine vorgegebene Anzahl ( $n_{\text{periode}}$ ) Lambdareglerschwingungen ausgewertet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die positive Halbwelle der Lambdareg-

lerschwingung, während der das Signal ( $\lambda_{VK}$ ) der Lambdasonde ein mageres Luft-/Kraftstoffgemisch anzeigt, als auch die negative Halbwelle, während der das Signal ( $\lambda_{VK}$ ) der Lambdasonde ein fettes Luft-/Kraftstoffgemisch anzeigt, ausgewertet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß nur die positive Halbwelle der Lambdareglerschwingung, während der das Signal ( $\lambda_{VK}$ ) der Lambdasonde ein mageres Luft-/Kraftstoffgemisch anzeigt ausgewertet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Diagnosewert ( $D_{Stat}$ ) nach folgender Beziehung ermittelt wird:

$$D_{Stat} = \frac{1}{n_{Perioden}} \int_{t_{Start}}^{t_{Start} + n_{Perioden} \cdot t_{Periode}} c_{NOx}(t) \cdot c_{Wichtung}(MAF, N) \cdot dt$$

mit

$n_{Perioden}$  Anzahl komplette Perioden Lambdaregler

$t_{Periode}$  Periodendauer vollständige Lambdareglerschwingung

$t_{Start}$  Start Diagnose

$c_{NOx}$  NOx-Konzentration (Offset bereinigt)

$c_{Wichtung}$  Wichtungsfaktor

6. Verfahren nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Diagnosewert ( $D_{Stat}$ ) nach folgender Beziehung ermittelt wird:

$$D_{Stat} = \frac{1}{n_{Perioden}} \int_{t_{Start}}^{t_{Start} + n_{Perioden} \cdot t_{Periode}} c_{NOx}(t) \cdot c_{Wichtung}(MAF, N) \cdot \theta[U_{th\_bin} - U_{nox\_bin}(t)] dt$$

wobei

$n_{Perioden}$  Anzahl komplette Perioden Lambdaregler

$t_{Periode}$  Periodendauer vollständige Lambdareglerschwingung

$t_{Start}$  Start Diagnose

$c_{NOx}$  NOx Konzentration (Offset bereinigt)

$c_{Wichtung}$  Wichtungsfaktor

$U_{th\_bin}$  Magerschwelle Binärsignal des NOx-Sensors

$U_{nox\_bin}$  Binärsignal NOx-Sensor

$$\theta(x) = \begin{cases} 1 & \text{für } x \geq 0 \\ 0 & \text{für } x < 0 \end{cases} \quad (\text{Heaviside Funktion})$$

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Wert ( $D_{stat\_GW}$ ) diejenige Sauerstoffbeladung herangezogen wird, bei der sich für einen neuen Abgaskatalysator oder einen Grenzkatalysator, der gerade noch als funktionstüchtig eingestuft wird, noch kein Anstieg der NOx-Konzentration stromabwärts des Abgaskatalysators bemerkbar macht.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert ( $D_{stat\_GW}$ ) experimentell ermittelt wird und in einer Speichereinrichtung (22) einer die Brennkraftmaschine (10) steuernden Steuereinrichtung (21) abgelegt ist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Diagnosewert ( $D_{stat}$ ) für den Stationärbetrieb der Brennkraftmaschine (10) mit einem Diagnosewert ( $D_{Light-Off}$ ) während des Warmlaufs der Brennkraftmaschine (10) zu einem Gesamtdiagnosewert ( $D_{Gesamt}$ ) verknüpft wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Gesamtdiagnosewert ( $D_{Gesamt}$ ) nach folgender Beziehung gebildet wird:

$$\frac{D_{Light-Off}}{S_{Light-Off}} \cdot F_{Light-Off} + \frac{D_{Stat}}{S_{Stat}} \cdot F_{Stat} = D_{Gesamt}$$

mit

$D_{Light-off}$  = Diagnosewert eines bekannten Diagnoseverfahrens während des Warmlaufs der Brennkraftmaschine,

$S_{Light-Off}$  = Diagnoseschwelle eines solchen Verfahrens

$F_{Light-Off}, F_{Stat}$  = Wichtungsfaktoren

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Gesamtdiagnosewert ( $D_{Gesamt}$ ) mit einem Schwellenwert verglichen wird und bei Überschreiten des Schwellenwertes eine Fehleranzeigevorrichtung (24) aktiviert wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



- Leerseite -

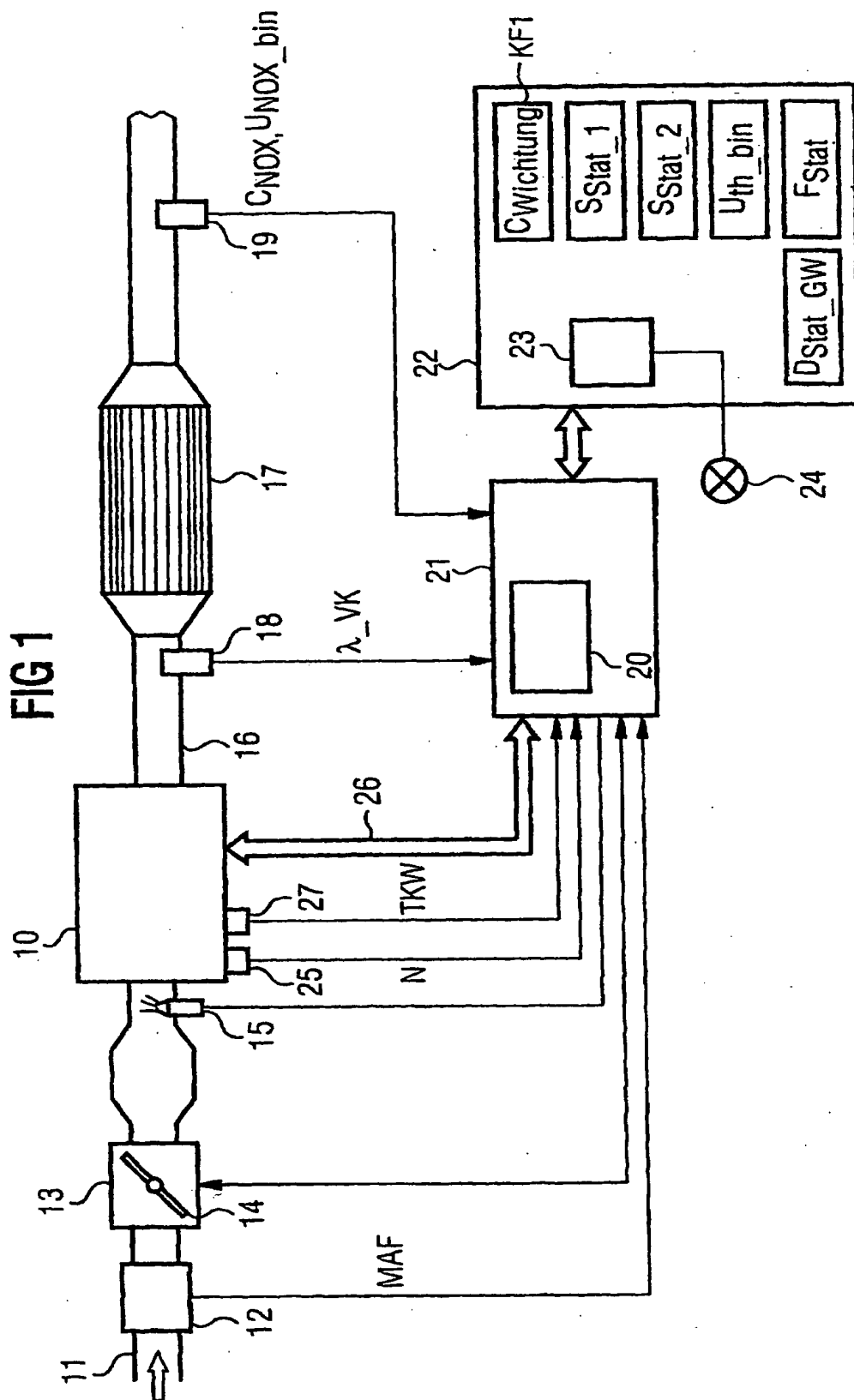


FIG 2 A

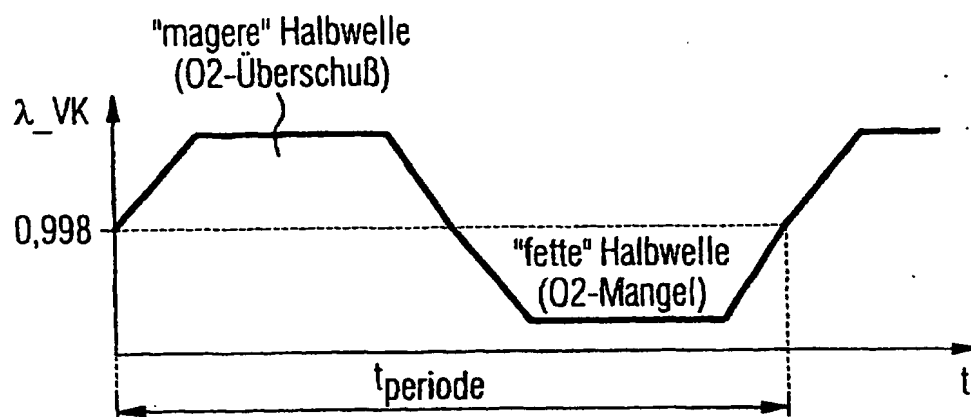


FIG 2 B

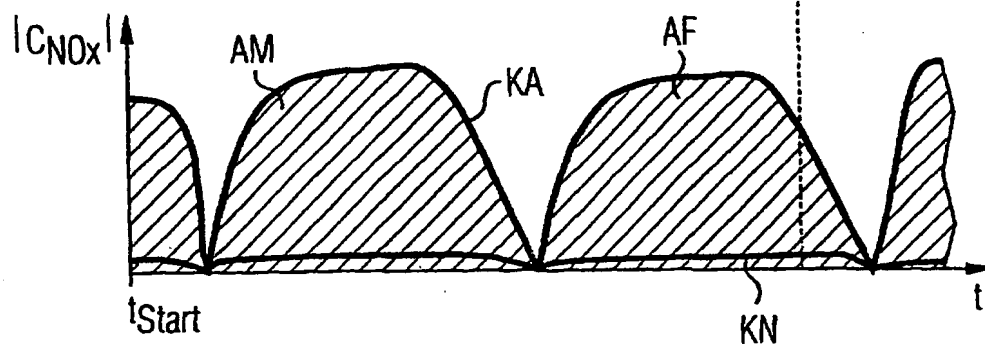


FIG 3 A

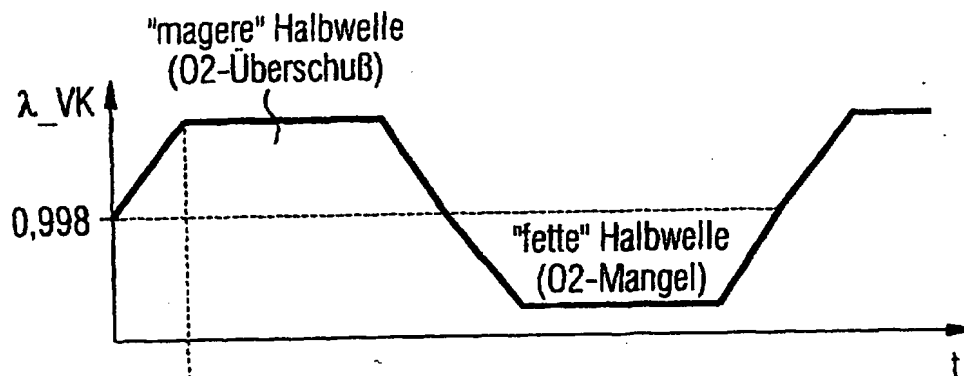


FIG 3 B

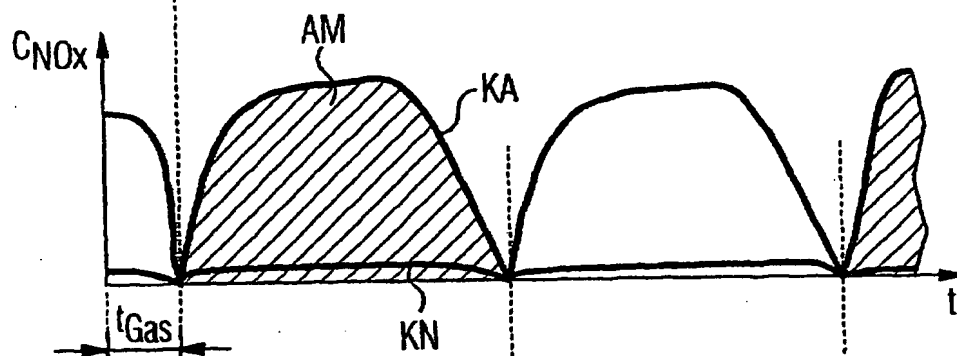


FIG 3 C

